

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Mai 2002 (23.05.2002)

PCT

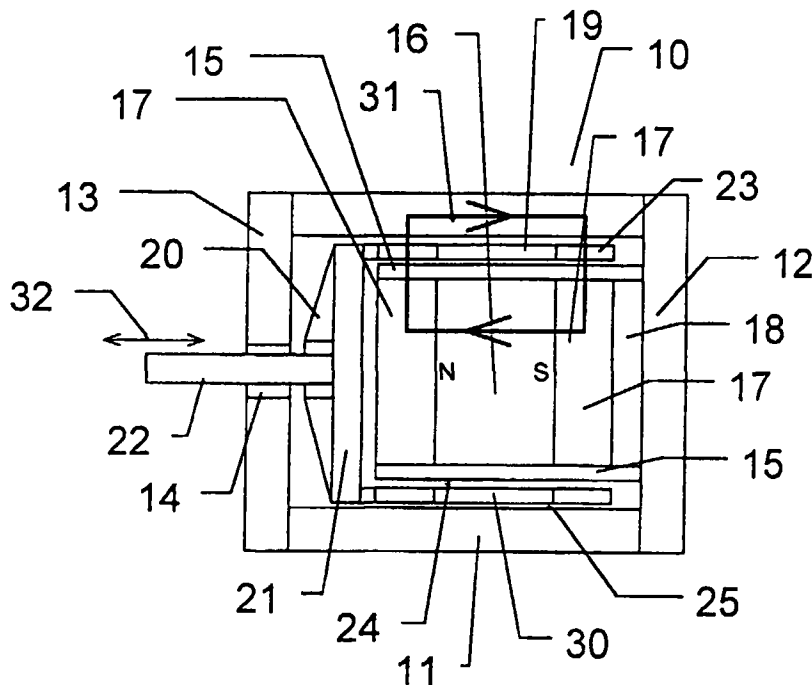
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/41332 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01F 7/06** (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **PARKER HANNIFIN GMBH** [DE/DE]; Am Metallwerk 9, 33659 Bielefeld (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/13200
- (22) Internationales Anmeldedatum:
14. November 2001 (14.11.2001) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RAUSCH, Hartmuth** [DE/DE]; Rheydter Strasse 215, 41352 Korschenbroich (DE). **BUDIG, Peter-Klaus** [DE/DE]; Steinbergsiedlung 4, 09122 Chemnitz (DE). **WERNER, Ralf** [DE/DE]; Am Kalkwiesenteich 23, 09117 Chemnitz (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 56 332.5 14. November 2000 (14.11.2000) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ACTUATOR FOR A FLUID VALVE

(54) Bezeichnung: AKTUATOR FÜR EIN FLUID-VENTIL



(57) Abstract: The invention relates to an actuator for actuating a valve installed in a hydraulic or compressed air system, comprising a coil support which can be displaced by means of air space induction in a magnetically conducting housing on a magnetic cylinder composed of a permanent magnet and a cylinder pole disk. The invention is characterised in that the dimensions of the permanent magnet (16) and the pole disk (17) correspond to each other in such a way that the diameter of the front surface of the permanent magnet (16) is at least the same size as the circumferential surface of a neighbouring pole disk (17) and that the width of the coil (23) associated with the pole disk (17) exceeds the width of the pole disk (17) by the lift amplitude of the coil support (19). According to the invention, the actuator for actuating a valve used in fluidic

engineering is disposed in such a way that the coil support (19) is displaceable in a fluidic medium and the air gap (24), arranged between the coil support (19) and a magnetic cylinder pipe (15) surrounding the permanent magnet (16) and the associated pole disk (17) has a maximum width whereby a laminated lubricating film is formed without displacing the surrounding fluid.

(57) Zusammenfassung: Ein Aktuator zur Betätigung eines in der Hydraulik oder Drucklufttechnik eingesetzten Ventils mit einem in einem magnetisch leitenden Gehäuse durch Luftspaltinduktion auf eine Abfolge von Permanentmagnet und Polscheibe aufweisenden Magnetzylinder beweglichen Spulenträger ist dadurch gekennzeichnet, dass die Größenabmessungen von Permanentmagnet (16) und Polscheibe (17) derart aufeinander abgestimmt sind, dass die stirnseitige Querschnittsfläche des Permanentmagneten (16) mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/41332 A1



(74) **Anwälte:** MÜLLER, Karl-Ernst usw.; Turmstrasse 22,
40878 Ratingen (DE).

Veröffentlicht:

..... mit internationalem Recherchenbericht
..... vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

(81) **Bestimmungsstaat (national):** US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

der Umfangsfläche einer benachbarten Polscheibe (17) entspricht und dass die Breite der der Polscheibe (17) zugeordneten Spule (23) die Breite der Polscheibe (17) um die Hubamplitude des Spulenträgers (19) überlappt, und dass der Aktuator zu Betätigung eines in der Fluidtechnik eingerichteten Ventils dadurch eingerichtet ist, dass der Spulenträger (19) in einem fluidischen Medium beweglich und der sich zwischen Spulenträger (19) und einem den Permanentmagneten (16) und die zugehörige Polscheibe (17) umschliessenden Magnetzylinderrohr (15) bestehende Luftspalt (24) maximal so breit bemessen ist, dass sich zwischen den Teilen (15, 19) ein laminarer Schmierfilm ohne Verdrängung des umgebenden Fluids einstellt.

- 1 -

Aktuator für ein Fluid-Ventil

B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung betrifft einen Aktuator zur Betätigung eines Ventils, mit einem aus magnetisch leitendem Material bestehenden Gehäusemantel, einem einen Betätigungsansatz aufweisenden, in dem Gehäusemantel unter Ausbildung eines dazu bestehenden Luftspaltes beweglichen Spulenträger mit wenigstens einer auf dessen Umfang gewickelten, stromdurchflossenen Spule sowie mit einem von dem Spulenträger unter Ausbildung eines Luftspaltes umschlossenen Magnetzylinder mit einer in dessen Innerem axial angeordneten Abfolge von Permanentmagnet und aus einem magnetisch leitenden Material bestehender Polscheibe, wobei die axiale Breite der Spule größer ist als die axiale Länge der der Spule zugeordneten Polscheibe.

Ein Aktuator mit den vorgenannten Merkmalen ist in der US 5 345 206 beschrieben, der im Grundsatz auch zur Betätigung eines Ventils einsetzbar ist. Der bekannte Aktuator besteht aus einem einseitig geschlossenen, vollständig aus einem magnetisch leitenden Material bestehenden Gehäuse, in welchem der mit einem Betätigungsansatz aus dem Gehäuse herausfahrbare Spulenträger beweglich ist. Der bekannte Aktuator zeichnet sich dadurch aus, dass die Polscheiben gegenüber den benachbart angeordneten Permanentmagneten schmal ausgebildet sind und die auf dem Spulenträger gewickelten

- 2 -

Spulen gegenüber den zugeordneten schmalen Polscheiben eine sehr viel größere Breite aufweisen.

Mit dieser Konfiguration soll bei dem bekannten Aktuator aufgrund einer magnetischen Sättigung der schmalen Polscheiben bewusst ein von den Permanentmagneten auf die die Permanentmagneten überlappenden Spulen einwirkendes Streufeld erzeugt werden. Dabei wird der Nachteil in Kauf genommen, dass der von dem Permanentmagneten zur Verfügung gestellte magnetische Fluss nicht vollständig in einen die Bewegung des Spulenträgers herbeiführenden Nutzfluss umsetzbar ist und die Feldlinien zu einem großen Teil im Luftspalt eine längere Wegstrecke neben den Polbereichen überwinden müssen, wozu eine größere Menge an Magnetmaterial erforderlich ist. Da zum Erfassen des Streuflusses die Spulen mit einer die Breite der zugeordneten Polscheibe weit überlappenden Abmessung ausgeführt sind, befindet sich relativ viel Spulenmaterial auf dem Spulenträger. Damit ist in nachteiliger Weise nicht nur die bei der Funktion des Aktuators zu bewegend Masse des Spulenträgers vergrößert, vielmehr führt die Bestromung einer mit entsprechender Wicklungsmasse ausgebildeten Spule auch zu einer entsprechend starken Erwärmung der Spule. Diese Erwärmung belastet den Wärmehaushalt des Aktuators und führt auch zu einem entsprechenden Ausdehnungsverhalten des einzelnen Spulenkörpers mit einer daraus folgenden Beeinflussung der Abmessung des vorgesehenen Luftspaltes und einer Begrenzung der maximal möglichen Energiedichte.

Diese Nachteile führen dazu, dass ein bekannter Aktuator zur Steuerung bzw. Betätigung von in der Fluidtechnik eingesetzten Ventilen nicht brauchbar ist, und daher liegt

- 3 -

der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Aktuator mit den eingangs genannten Merkmalen für den Einsatz in der Fluidtechnik einzurichten. Fluidtechnik meint dabei insbesondere die Betätigung von in der Hydraulik sowie in der Drucklufttechnik eingesetzten Ventilen.

Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich einschließlich vorteilhafter Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung aus dem Inhalt der Patentansprüche, welche dieser Beschreibung nachgestellt sind.

Die Erfindung sieht in ihrem Grundgedanken vor, dass die Größenabmessungen von Permanentmagnet und Polscheibe derart aufeinander abgestimmt sind, dass die stirnseitige Querschnittsfläche des Permanentmagneten mindestens der Umfangsfläche einer benachbarten Polscheibe entspricht und dass die Breite der der Polscheibe zugeordneten Spule die Breite der Polscheibe um die Hubamplitude des Spulenträgers überlappt, und dass der Aktuator zu Betätigung eines in der Fluidtechnik eingerichteten Ventils dadurch eingerichtet ist, dass der Spulenträger in einem fluidischen Medium beweglich und der zwischen Spulenträger und einem den Permanentmagneten und die zugehörige Polscheibe umschließenden Magnetzylinderrohr bestehende Luftspalt maximal so breit bemessen ist, dass sich zwischen den Teilen ein laminarer Schmierfilm ohne Verdrängung des umgebenden Fluids einstellt.

Mit der Erfindung ist der Vorteil verbunden, dass zunächst der nicht zur Krafteinwirkung auf den Spulenträger beitragende Streufluss dadurch gering gehalten ist, dass der gesamte magnetische Fluss im Bereich der Polscheibe radial auf dem geometrisch kürzesten Weg durch den

Luftspalt zwischen Magnetzylinderrohr und Gehäuse bzw. Gehäusemantel geführt ist, so dass alle Spulenleiter mit der maximalen Luftspaltinduktion beaufschlagt sind. Damit dies während der gesamten axialen Bewegung des Spulenträgers relativ zum feststehenden Magnetzylinderrohr gewährleistet ist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Breite der der Polscheibe zugeordneten Spule die Breite der Polscheibe um die Hubamplitude des Spulenträgers überlappt. Soweit hierdurch die Ausdehnung der Spulen auf das notwendige Maß begrenzt ist, ergibt sich in vorteilhafter Weise eine Anordnung von Spulen mit kleinstmöglicher Selbstinduktivität und einem geringenwicklungsgewicht.

Soweit maßgeblich für den erfindungsgemäß zu vermeidenden Streufluss auch die Größe des Luftspaltes zwischen dem Spulenträger und dem Magnetzylinderrohr ist, sieht die Erfindung eine Einstellung eines kleinstmöglichen Luftspaltes dadurch vor, dass der sich zwischen dem in dem fluidischen Medium beweglichen Spulenträger und dem Magnetzylinderrohr bestehende Luftspalt maximal so breit bemessen ist, dass sich zwischen den Teilen ein laminarer Schmierfilm ohne Verdrängung des umgebenden Fluids einstellt. Damit wird einerseits dem Gesichtspunkt des Einsatzes des Aktuators in der Fluidtechnik in besonderer Weise Rechnung getragen, weil sich eine Art Gleitlagerung des Spulenträgers auf dem Magnetzylinderrohr mit geringstmöglichen Reibungsverlusten einstellt, wobei die durch die axiale Bewegung des Spulenträgers im Fluid hervorgerufene Verdrängung des den Spulenträger umgebenden Fluids auf der Außenseite des Spulenträgers erfolgt. Hierbei sorgt bei Einsatz des Aktuators in der Hydraulik die anstehende Hydraulikflüssigkeit für die Ausbildung des

- 5 -

Schmierfilms, während bei Einsatz in der Drucklufttechnik die Druckluft selbst die Ausbildung eines entsprechenden Schmierfilms herbeiführt.

Zur Ausbildung eines auf das von dem Aktuator beeinflusste Ventil einwirkenden Betätigungsansatzes kann vorgesehen sein, dass der hülsenförmige Spulenträger an seiner einen Stirnseite mit einem radial einwärts springende Speichen aufweisenden Tragstern versehen ist, in dessen Zentrum ein aus dem Gehäuse vorstehender Stößel als Betätigungsansatz angeschlossen ist.

In einer ersten Ausführungsform hinsichtlich der Ausbildung des Aktuatorgehäuses sieht die Erfindung vor, dass der Gehäusemantel Bestandteil eines geschlossenen und den beweglichen Spulenträger sowie das Magnetzylinderrohr aufnehmenden Gehäuses ist, wobei der Stößel die zugeordnete Stirnwand des Gehäuses in einer Öffnung durchgreift.

Soweit sich ein unerwünschter Streufluss insbesondere an dem der den Tragstern des Spulenträgers abgewandten Stirnwand des Gehäuses benachbarten Permanentmagneten bzw. an der Polscheibe einstellt, ist bei einem vollständig aus leitendem Material bestehenden Gehäuse vorgesehen, dass zwischen dem Ende des Magnetzylinderrohres und der Stirnwand des Gehäuses ein Distanzstück aus einem magnetisch nicht leitendem Material angeordnet ist. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Stirnwand des Gehäuses aus einem magnetisch nicht leitenden Material besteht.

Bezüglich einer Grundauführung von Spulenträger und Magnetzylinder sieht die Erfindung ein Magnetmodul vor, welches von einem in dem Magnetzylinder mittig angeordneten Permanentmagneten und von zwei außenseitig angeordneten Polscheiben gebildet ist, wobei im Magnetmodul jeder Polscheibe auf dem Spulenträger eine Teilspule zugeordnet ist, wobei die Teilspulen eines Magnetmoduls gegensinnig gewickelt und miteinander mechanisch und elektrisch verbunden sind, so daß auch eine Gegeninduktion vermieden ist.

Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, daß innerhalb des Gehäusemantels des Aktuators ein einziges Magnetmodul angeordnet ist. Durch den damit verbundenen kompakten, symmetrischen Aufbau des Magnetmoduls wird aufgrund der erfindungsgemäß relativ geringen magnetischen Streuverluste eine relativ größere Kraftdichte erzeugt, die in Verbindung mit einer geringen Massenträgheit des Spulenträgers einschließlich darauf gewickelter Spulen schnelle Wechselbewegungen bzw. eine schnelle einseitige Auslenkung des Spulenträgers erlaubt. Dabei sind die Selbstinduktivitäten der Teilspulen gering gehalten, so daß derart schnelle Stromänderungen ermöglicht sind, daß zum Beispiel Hubverstellungen über einige Millimeter in wenigen Millisekunden erreichbar sind.

Soweit sich aufgrund der erfindungsgemäßen Abmessungsbeziehungen für das Größenverhältnis von Permanentmagnet und Polscheibe einerseits sowie Polscheibe und Spulenwicklung andererseits insbesondere bei einer angestrebten kleinen Baugröße des erfindungsgemäßen Aktuators nur kurze axiale Magnetlängen ergeben, kann je nach Einsatzzweck die von einem einzelnen Permanentmagneten ausgehende Induktion

- 7 -

für die gewünschte Bewegung des Spulenträgers nicht ausreichen. Daher ist nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgesehen, dass innerhalb des Gehäusemantels mehrere Magnetmodule axial hintereinander angeordnet sind, wobei sich axial gleiche Pole des Permanentmagneten jedes Magnetmoduls gegenüberliegen. Hierbei kann vorgesehen sein, dass die außenliegenden Polscheiben eines jeden Magnetmoduls zu einer einstückigen Verbindungspolscheibe zusammengefügt sind.

Soweit sich bei einer wechselweisen Anordnung von Permanentmagnet und Polscheibe im Magnetzylinderrohr im Bereich von an den äußeren Enden liegenden Polscheiben eine Verluststreuung ergibt, indem der von dem innen liegenden Permanentmagneten ausgehende Magnetfluss in der Polscheibe nicht vollständig in Richtung der die Polscheibe überdeckenden Spule umgelenkt wird, ist nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgesehen, dass an den durch die außenliegenden Polscheiben des Magnetmoduls oder der Magnetmodule gebildeten Enden des Magnetzylinderrohres jeweils ein in seiner Stärke auf den Ausgleich des an den Enden des Magnetzylinderrohres auftretenden magnetischen Streuflusses abgestimmter Randmagnet angeordnet und mit dem aus magnetisch leitendem Material bestehenden Gehäusemantel verbunden ist, so dass sich der von dem Randmagneten ausgehende magnetische Fluss über das mit dem Randmagneten verbundene Gehäuse schließt. Da der Randmagnet nur die Streuverluste im Bereich der zugehörigen Polscheibe auszugleichen hat, braucht er nicht die gleiche axiale Abmessung aufzuweisen wie der im Magnetträger jeweils angeordnete Hauptmagnet bzw. die Hauptmagnete.

Nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung ist die Möglichkeit der Anordnung von Randmagneten und Klauenpolen für alle gattungsgemäßen Aktuatoren auch unabhängig von dem Aufbau eines Magnetzylinders als solchem, also entweder ohne oder mit einem Magnetzylinderrohr vorgesehen.

Hierbei bietet es sich bei einem im Bereich des Stößel einseitig offenen Gehäuse an, wenn nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung auf der geschlossenen Gehäusesseite der innere Randmagnet des Magnetzylinderrohres an der aus magnetisch leitendem Material bestehenden Stirnwand des Gehäuses anliegt.

Um einen derartigen Ausgleich von Streuverlusten auch auf der im Bereich des Stößels offenen Seite des Gehäuses vornehmen zu können, ist nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgesehen, dass das Gehäuse an seiner offenen Stirnseite radial einwärts springende und axial zwischen die Speichen des Tragsterns des Spulenträgers greifende Klauenpole aus magnetisch leitendem Material aufweist, die in einer magnetisch haftenden Verbindung mit dem zugeordneten Randmagneten des Magnetzylinders bzw. des Magnetzylinderrohres stehen. Hiermit ist der besondere Vorteil verbunden, dass wegen des sich zwischen dem magnetisch leitenden Gehäuse bzw. den Klauenpolen und den Randmagneten des Magnetzylinders einstellenden magnetischen Kraftflusses der Magnetzylinder bzw. das Magnetzylinderrohr in dem Gehäuse ohne weitere Befestigungselemente unverrückbar eingespannt ist. Dabei sind die magnetischen Haltekräfte so groß, dass auch große äußere Kräfte die Lage des Magnetzylinders bzw. des Magnetzylinderrohres im Gehäuse kaum zu ändern vermögen.

Diese Art der Festlegung des Magnetzylinders bzw. des Magnetzylinderrohres in dem Gehäuse erlaubt es auch, nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung den Gehäusemantel beidseitig offen mit an seinen beiden Enden ausgebildeten Klauenpolen auszubilden, wobei der in dem Gehäusemantel bewegliche Spulenträger an beiden Stirnseiten jeweils einen Tragstern mit davon abragendem Stößel aufweisen kann.

Im einzelnen kann vorgesehen sein, dass die Klauenpole den zwischen den Speichen des Tragsterns bestehenden Lücken formentsprechend ausgebildet sind.

Mit der Fixierung des Magnetzylinders bzw. des Magnetzylinderrohres im Gehäuse ist die Möglichkeit geschaffen, dass die Klauenpole eine Verdrehsicherung für den Tragstern mit Stößel bilden, soweit beim Zusammenwirken des Aktuators mit einem in der Fluidtechnik eingesetzten Ventil beim Anfahren des Ventils Verdrehkräfte auch auf den Stößel und damit über den Tragstern auf den Spulenträger übertragen werden können. Um eine flächenmäßige Kontaktreibung zwischen feststehenden Klauenpolen und dem Spulenträger bei dessen Verschiebung zu vermeiden, kann nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgesehen sein, dass wenigstens ein Klauenpol einen gegen die zugeordnete Speiche des Tragsterns beispielsweise höckerförmig oder linienförmig anliegenden Vorsprung aufweist, so dass eine Flächenreibung vermieden und nur eine Punktreibung bzw. Linienreibung zugelassen ist. Entsprechend kann ein Vorsprung auch an einer Speiche ausgebildet sein und gegen den Klauenpol anliegen.

Weiterhin ergibt sich in vorteilhafter Weise die Möglichkeit, dass ein Klauenpol und/oder der zwischen Klauenpol und Gehäuse bzw. zwischen den beidseitigen Klauenpolen eingespannte Magnetzylinder bzw. das Magnetzylinderrohr eine feste Halterung für den Sensor eines Wegmeßsystems gegenüber dem Gehäuse ausbilden, so dass die Messergebnisse des Wegmeßsystems verfälschende Bewegungen des Trägers des Sensors ausgeschlossen sind.

Der Aufbau eines Magnetmoduls bzw. der mehreren Magnetmodule kann nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung auch dergestalt sein, dass ein Magnetmodul von einer in dem Magnetzylinderrohr mittig angeordneten Polscheibe und von zwei jeweils außenseitig angeordneten Permanentmagneten gebildet ist, wobei sich axial gleiche Pole der Permanentmagneten gegenüberstehen und auf dem Spulenträger eine der mittig angeordneten Polscheibe zugeordnete Spule gewickelt ist. Hiermit ist der Vorteil verbunden, dass die an den äußeren Enden des Magnetzylinderrohres angeordneten Permanentmagneten gleichzeitig als Randmagnete wirken und damit eine unmittelbare Festlegung des Magnetzylinderrohres zwischen Klauenpolen und Gehäuse bzw. zwischen den beidseitig angeordneten gehäusefesten Klauenpolen erlauben. Diese Anordnung bietet ferner im Vergleich mit einer zusätzlichen Anordnung von Randmagneten die vorteilhafte Möglichkeit, die Anzahl der Magnete bei gleich ausgelegter Kraftwirkung zu reduzieren. Entsprechend einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können auch zwischen zwei außenliegenden Permanentmagneten mehrere im Wechsel angeordnete Polscheiben und Permanentmagnete angeordnet sein.

Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zwischen Tragstern des Spulenträgers und dem stirnseitigen Ende des Magnetzylinderrohres eine vorgespannte Feder zur Beaufschlagung des Stößels in dessen Koppelstellung mit einem an den Aktuator angeschlossenen Ventil angeordnet ist.

Hinsichtlich der Ausbildung des Spulenträgers einschließlich darauf gewickelter Spulen kann vorgesehen sein, dass der aus elektrisch nicht leitendem Material, beispielsweise aus Kunststoff, Hartgewebe oder Keramik bestehende Spulenträger Ausnehmungen zur Aufnahme der Spulen aufweist, in welche die einzelnen Spulen hineingewickelt sind. Weiterhin kann nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgesehen sein, dass die in den Ausnehmungen des Spulenträgers gewickelten Spulen von einer Schutzschicht überlagert sind, so dass der mit Spulen versehene Spulenträger jeweils eine glatte Oberfläche aufweist. Mit einer solchen Ausbildung des Spulenträgers lassen sich sehr kleine Luftspalte zwischen dem Spulenträger und dem Magnetzylinderrohr einerseits bzw. dem Gehäusemantel andererseits realisieren.

Schließlich kann nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung vorgesehen sein, dass auf der Innenseite des Gehäusemantels in dessen Längsrichtung verlaufende Nuten für den Durchtritt des bei Axialbewegung des Spulenträgers im Gehäusemantel verdrängten Fluides angeordnet sind; hierdurch kann trotz der bei der Bewegung des Spulenträgers in dem ihn umgebenden Fluid erforderlichen Verdrängung ein kleiner Luftspalt zwischen dem Spulenträger und dem Gehäusemantel realisiert werden. Entsprechende Nuten können

gegebenenfalls auch auf dem äußeren Umfang des Spulenträgers vorgesehen sein.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung wiedergegeben, welche nachstehend beschrieben sind. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Aktuator mit einem aus einem zentralen Permanentmagneten und außenliegenden Polscheiben bestehenden Magnetmodul in einem schematischen Längsschnitt,
- Fig. 2 einen entsprechend Figur 1 mit mehreren Magnetmodulen aufgebauten Aktuator,
- Fig. 3 einen Aktuator gemäß Figur 1 mit zusätzlich angeordneten Randmagneten im Längsschnitt,
- Fig. 4 einen Schnitt nach Linie IV - IV in Figur 3,
- Fig. 5 den Gegenstand der Figur 3 mit einer Anordnung von mehreren Magnetmodulen,
- Fig. 6 eine Ausführungsform des Aktuators gemäß Figur 3 mit beidseitig offenem Gehäuse und entsprechend angeordneten Klauenpolen sowie mit einer zentralen Polscheibe und außenliegenden Hauptmagneten,
- Fig. 7 den Gegenstand der Figur 6 mit einer Anordnung von mehreren Hauptmagneten und Polscheiben,

Fig. 8 eine ausschnittsweise Darstellung eines Spulenträgers im Schnitt.

Der aus Figur 1 in einer schematischen Darstellung ersichtliche Aktuator weist ein Gehäuse 10 auf, dessen äußerer Gehäusemantel 11 aus einem magnetisch leitenden Material besteht. Die eine geschlossene Stirnseite 12 des Gehäuses 10 besteht aus noch zu erläuternden Gründen aus einem anderen, nämlich einem magnetisch nichtleitenden Material, während die gegenüberliegende Stirnseite 13 aus magnetisch leitendem Material besteht und eine zentrale Ausnehmung 14 aufweist.

Im Inneren des Gehäuses 10 ist ein zylindrisches Magnetzylinderrohr 15 angeordnet und einseitig mit der geschlossenen Stirnseite 12 des Gehäuses 10 verbunden. Das Magnetzylinderrohr 15 besteht aus einem magnetisch nichtleitenden Material. In seinem Inneren ist in einer mittigen Lage ein Permanentmagnet 16 angeordnet, an dessen beiden Stirnseiten jeweils eine Polscheibe 17 sich befindet. Zwischen der der geschlossenen Stirnseite 12 des Gehäuses 10 benachbarten Polscheibe 17 und der vorgenannten Stirnseite 12 ist zusätzlich ein Distanzstück 18 aus einem magnetisch nichtleitenden Material angeordnet, welches den Zweck hat, in Anbetracht der noch zu erläuternden geometrischen Festlegung der Größenverhältnisse von Permanentmagnet 16 und Polscheibe 17 für einen ausreichenden Bewegungsspielraum des noch zu erläuternden Spulenträgers zu schaffen.

In dem zwischen dem Magnetzylinderrohr 15 und dem äußeren Gehäusemantel 11 bestehenden Ringraum ist ein

hülsenförmiger aus einem magnetisch und elektrisch nichtleitenden Material, beispielsweise aus Kunststoff, Hartgewebe oder Keramik bestehender Spulenträger 19 axial beweglich angeordnet, wobei zwischen dem Magnetzylinder 15 und dem Spulenträger 19 ein Luftspalt 24 und zwischen dem Spulenträger 19 und dem äußeren Gehäusemantel 11 ein Luftspalt 25 angeordnet sind. An der der geschlossenen Stirnseite 12 des Gehäuses abgewandten Seite ist der Spulenträger mit einem aus radial einwärts springenden Speichen 21 gebildeten Tragstern 20 versehen, wobei im Zentrum des Tragsterns 20 ein axial durch die Ausnehmung 14 der Stirnseite 13 des Gehäuses 10 vorstehender Stößel 22 angeordnet und mit dem Tragstern 20 verbunden ist.

Wie in Figur 1 nur schematisch angeordnet und in Figur 8 etwas deutlicher dargestellt ist, sind auf dem Spulenträger 19 bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel zwei aus einem geeigneten Material, vorzugsweise aus Kupfer- oder Aluminiumdraht bestehende Spulen 23 gewickelt, wobei die Spulen 23 jeweils axial die Polscheiben 17 überdecken und zueinander gegensinnig gewickelt sind.

Für eine bei den erfindungsgemäßen Aktuatoren erforderliche hohe Dynamik ist es wesentlich, zum einen die Spulen 23 mit möglichst kleiner Selbstinduktivität und geringem Wicklungsgewicht auszuführen, zum anderen den gesamten, von dem Permanentmagneten 16 ausgehenden magnetischen Fluss möglichst radial im Bereich der Polscheiben 17 durch den zwischen Magnetzylinderrohr 15 und Spulenträger 19 bestehenden Luftspalt 24 zu führen, so dass die auf dem Spulenträger 19 befindlichen Spulen 23 während der gesamten axialen Bewegung des Spulenträgers mit der maximalen

Luftspaltinduktion beaufschlagt werden. Um den nicht zur Kraftbildung beitragenden Streufluss möglichst gering zu halten, sind kurze Magnetlängen und kleine Luftspalte anzustreben. Aus diesem Grunde sind, wie in der schematischen Darstellung der Figur 1 nicht zu erkennen, die Größenabmessungen von Permanentmagnet 16 und Polscheiben 17 derart aufeinander abgestimmt, dass die stirnseitige Querschnittsfläche des Permanentmagneten mindestens der Umfangsfläche der jeweiligen Polscheibe entspricht. Verkürzt ist dies dann gegeben, wenn die axiale Magnetlänge sowie die axiale Länge der Polscheiben 17 etwa der Hälfte des Durchmessers des Permanentmagneten 16 entsprechen. Längere Polscheiben sind im Rahmen des Erfindungsgedankens durchaus möglich. Weiterhin muss jede der beiden Spulen 23 die Breite der zugeordneten Polscheibe 17 um die Hubamplitude des Spulenträgers 19 überlappen, damit während des gesamten Bewegungsablaufs des Spulenträgers 19 die größtmögliche Kraft erzielt wird. Die beiden Spulen 23 sind durch einen nichtleitenden Distanzbereich 30 des Spulenträgers 19 axial räumlich voneinander getrennt, jedoch elektrisch über den Wicklungsdraht miteinander verbunden. Da die beiden Spulen 23 zudem gegensinnig gewickelt sind, wird eine Gegeninduktivität vermieden.

Soweit zur Vermeidung eines nicht ausnutzbaren Streuflusses auch der zwischen Magnetzylinderrohr 15 und Spulenträger 19 bestehende Luftspalt 24 gering zu halten ist, soll der Luftspalt 24 maximal so breit bemessen sein, dass sich zwischen den Teilen 15, 19 ein laminarer Schmierfilm ohne Verdrängung des den Spulenträger 19 bzw. das Magnetzylinderrohr umgebenden Fluids einstellt.

- 16 -

Bei einem in Figur 1 dargestellten Aufbau eines Aktuators mit einem in dem Gehäuse 10 angeordneten Magnetmodul mit dem beschriebenen Aufbau erzeugt der Permanentmagnet 16 im gesamten, zwischen Magnetzylinderrohr 15 und Gehäusemantel 11 bestehenden Luftspalt 24, 25 im Bereich der Spulen 23 ein radial von innen nach außen gerichtetes homogenes Magnetfeld, welches sich gemäß der Flussrichtung 31 über den magnetisch leitenden, ringförmigen Gehäusemantel 11 schließen kann. Die von einem Gleichstrom durchflossenen Spulen 23 sind in einem homogenen Magnetfeld mit einer Kraft proportional dem Spulenstrom, der magnetischen Luftspaltinduktion und der Windungszahl der beiden Spulen 23 quer zur Magnetfeldrichtung ausgelenkt. Hierzu wird den auf dem beweglichen Spulenträger 19 angeordneten Spulen 23 ein Strom durch hochflexible, im einzelnen nicht dargestellte Kabel zugeführt. Eine Auslenkung des Spulenträgers 19 und damit eine axiale Bewegung des Stößels 22 erfolgt solange, wie sich stromdurchflossene Leiter, also die Spulen 23, im Magnetfeld befinden. Erfolgt eine Umschaltung des Stroms, kehrt sich auch die Bewegungsrichtung des Spulenträgers 19 um, so dass eine hin und her gehende Bewegung des Spulenträgers 19 bzw. des von ihm getragenen Stößels 22 entsprechend Pfeil 32 ergibt. Da die in Figur 1 dargestellte Anordnung magnetisch querkraftfrei ist, kann aufgrund der Einstellung des Luftspaltes 24 auf die Ausbildung eines laminaren Schmierfilms der Spulenträger 19 in der Ausnehmung 14 des Gehäuses 10 ohne eine zusätzliche Lagerung geführt werden, was als besonderer Betriebsvorteil zu werten ist.

Das in Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel im wesentlichen dadurch, dass eine mehrfache Anordnung von sich aus Figur 1 ergebenden Magnetmodulen mit einem zentralen Permanentmagneten 16 und äußeren Polscheiben 17 in dem Magnetzylinderrohr 15 getroffen ist, wobei die beiden zu jeweils beabstandet angeordneten Permanentmagneten 16 gehörigen Polscheiben 17 zu einer einzigen, demzufolge breiteren Polscheibe zusammengefasst sind, wobei die den breiteren Polscheiben 17 zugeordneten Spulen 23 eine entsprechende Breite zuzüglich der vorgesehenen und der Hubamplitude des Spulenträgers entsprechenden Überlappung beigemessen ist.

Das in Figur 3 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht in seinem Aufbau grundsätzlich dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel, wobei an den äußeren Enden des Magnetzylinderrohres 15 jeweils ein zusätzlicher Randmagnet 26 angeordnet ist, der in seiner Magnetstärke auf den Ausgleich des an den Enden des Magnetzylinderrohres 15 auftretenden magnetischen Streuflusses abgestimmt ist derart, dass dieser Streufluss durch den magnetischen Fluss der Randmagnete 26 ausgeglichen wird. Daher gilt auch für die Auslegung der Randmagnete nicht die Beziehung für das Verhältnis der Größe von Permanentmagneten 16 und zugeordneten Polscheiben 17. Damit die Randmagnete 26 ihre Wirkung entfalten können, müssen sie an das aus magnetisch leitendem Material bestehende Gehäuse 10 angeschlossen sein, so dass sich ein entsprechender magnetischer Fluss einstellen kann. Dies ist auf der dem Stößel 22 abgewandten Seite des Magnetzylinderrohres 15 dadurch verwirklicht, dass die diesbezügliche Stirnseite 12 des Gehäuses 10 sowie

- 18 -

das entsprechend angeordnete Distanzstück 18 nunmehr aus einem magnetisch leitenden Material bestehen.

Auf der der Stirnseite 12 gegenüberliegenden Stirnseite 13 sind zur Ausbildung einer magnetisch leitenden Verbindung zu dem dort angeordneten Randmagnet 26 radial einwärts springende magnetisch leitende Halter 27 mit daran axial angesetzten Klauenpolen 28 vorgesehen, wobei die Klauenpole 28 zwischen die Speichen 21 des Tragsterns 20 des Spulenträgers 19 greifen (Figur 4) und in Anlage an dem äußeren Randmagneten 26 des Magnetzylinders 15 gelangen. Die magnetisch leitenden Halter 27 können beispielsweise dabei auch als eine umlaufende, mit dem Gehäusemantel 11 verbundene Scheibe ausgebildet sein, von der Klauenpole ihren Ausgang nehmen. Aufgrund der sich einstellenden Magnetkräfte ist somit der Magnetzylinder 15 mit der Stirnwand 12 des Gehäuses 10 einerseits und mit den einen Bestandteil des Gehäuses 10 bildenden Klauenpolen 28 andererseits fest verbunden, so dass sich eine stabile und auch einer größeren Krafteinwirkung widerstehende Konfiguration ergibt. Aus diesem Grund eignen sich insbesondere die Klauenpole 28 dazu, eine Verdrehsicherung für den Tragstern 20 des Spulenträgers 19 mit Stößel 22 zu bilden oder auch als Halterung für den Sensor eines Wegmeßsystems zu dienen.

Wie sich aus Figur 5 ergibt, ist es auch bei einem in den Figuren 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Aktuators möglich, in dem Magnetzylinderrohr 15 eine Abfolge von Permanentmagneten 16 und Polscheiben 17 vorzunehmen, wobei entsprechende Randmagnete 26 vorgesehen sind.

Eine weitere Möglichkeit, die Vorteile des in Figuren 3 und 4 dargestellten Aktuators zu nutzen ist in Figur 6 wiedergegeben, bei welchem das Gehäuse 10 beidseitig offen mit entsprechend beidseitig angeordneten Klauenpolen 28 ausgebildet ist, so dass der Spulenträger 19 entsprechend an beiden Stirnseiten über einen Tragstern 20 mit beidseitig aus dem Gehäuse 10 abragenden Stößel 22 versehen sein kann; hiermit ist eine Betätigung von angeschlossenen Aggregaten in beiden Bewegungsrichtungen des Spulenträgers 19 im Gehäuse 10 gegeben. Da wiederum das Magnetzylinderrohr 15 über die beidseitig angeordneten, gehäusefesten Klauenpole 28 fest eingespannt ist, ist die beidseitige Halterung des Magnetzylinderrohres 15 verwirklicht, ohne dass die beidseitige Aktuation über die beidseitigen Stößel 22 behindert ist. Ein weiterer Unterschied zwischen den in Figur 6 und in Figuren 3 bzw. 5 dargestellten Ausführungsbeispielen besteht darin, dass bei der Ausführungsform gemäß Figur 6 eine zentrale Polscheibe 17 angeordnet ist, zu deren beiden Seiten jeweils ein Permanentmagnet 16 in dem Magnetzylinderrohr 15 liegt. Diese außen liegenden Permanentmagneten 16 übernehmen gleichzeitig die Funktion der bei dem Ausführungsbeispiel nach Figuren 3 und 5 noch vorgesehenen Randmagneten, so dass auf diese Randmagneten bei im übrigen gleicher Kraftwirkung verzichtet werden kann. Damit ergibt sich eine Einsparung an Magnetmaterial. Wie aus Figur 7 ersichtlich, ist eine derartige Anordnung auch mit einer Abfolge von mehreren Polscheiben 17 und Permanentmagneten 16 zu verwirklichen.

- 20 -

Schließlich ist in Figur 8 noch beispielhaft dargestellt, wie ein Spulenträger 19 ausgebildet sein kann. Zur Aufnahme der Spulen 23 sind bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel in die äußere Oberfläche des Spulenträgers 19 Ausnehmungen 35 eingelassen, in welche die Spulen 23 gewickelt sind. Anschließend werden die Ausnehmungen 35 bzw. Spulen 23 mit einer Schutzschicht 36 überzogen bzw. vergossen, so dass sich ein entsprechend glatter äußerer Umfang für den Spulenträger 19 ergibt, der die Einstellung kleiner Luftspalte 24, 25 ermöglicht.

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Patentansprüchen, der Zusammenfassung und der Zeichnung offenbarten Merkmale des Gegenstandes dieser Unterlagen können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen untereinander für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Aktuator zur Betätigung eines Ventils, mit einem aus magnetisch leitendem Material bestehenden Gehäusemantel, einem einen Betätigungsansatz aufweisenden, in dem Gehäusemantel unter Ausbildung eines dazu bestehenden Luftspaltes beweglichen Spulenträger mit wenigstens einer auf dessen Umfang gewickelten, stromdurchflossenen Spule sowie mit einem von dem Spulenträger unter Ausbildung eines Luftspaltes umschlossenen Magnetzylinder mit einer in dessen Innerem axial angeordneten Abfolge von Permanentmagnet und aus einem magnetisch leitenden Material bestehender Polscheibe, wobei die axiale Breite der Spule größer ist als die axiale Erstreckung der der Spule zugeordneten Polscheibe, dadurch gekennzeichnet, dass die Größenabmessungen von Permanentmagnet (16) und Polscheibe (17) derart aufeinander abgestimmt sind, dass die stirnseitige Querschnittsfläche des Permanentmagneten (16) mindestens der Umfangsfläche einer benachbarten Polscheibe (17) entspricht und dass die Breite der der Polscheibe (17) zugeordneten Spule (23) die Breite der Polscheibe (17) um die Hubamplitude des Spulenträgers (19) überlappt, und dass der Aktuator zur Betätigung eines in der Fluidtechnik eingerichteten Ventils dadurch eingerichtet ist, dass der Spulenträger (19) in einem fluidischen Medium beweglich und der zwischen Spulenträger (19) und einem den Permanentmagneten (16) und die zugehörige Polscheibe

- 22 -

- (17) umschließenden Magnetzylinderrohr (15) bestehende Luftspalt (24) maximal so breit bemessen ist, dass sich zwischen den Teilen (15, 19) ein laminarer Schmierfilm ohne Verdrängung des umgebenden Fluids einstellt.
2. Aktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der hülsenförmige Spulenträger (19) an seiner einen Stirnseite mit einem radial einwärts springende Speichen (21) aufweisenden Tragstern (20) versehen ist, in dessen Zentrum ein aus dem Gehäuse (10) vorstehender Stößel (22) als Betätigungsansatz angeschlossen ist.
 3. Aktuator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehäusemantel (11) Bestandteil eines geschlossenen und den beweglichen Spulenträger (19) sowie das Magnetzylinderrohr (15) aufnehmenden Gehäuses (10) ist, wobei der Stößel (22) die zugeordnete Stirnwand (13) des Gehäuses (10) in einer Ausnehmung (14) durchgreift.
 4. Aktuator nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Tragstern (20) des Spulenträgers (19) abgewandte Stirnwand (12) des Gehäuses (10) aus magnetisch leitendem Material besteht und an dem der Stirnwand (12) zugewandten Ende des Magnetzylinderrohres (15) ein Distanzstück (18) aus einem magnetisch nichtleitenden Material angeordnet ist.
 5. Aktuator nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Stirnwand (12) des Gehäuses (10) aus einem magnetisch nichtleitenden Material besteht.

6. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Magnetmodul von einem in dem Magnetzylinderrohr (15) mittig angeordneten Permanentmagneten (16) und von zwei außenseitig angeordneten Polscheiben (17) gebildet ist, wobei im Magnetmodul jeder Polscheibe (17) auf dem Spulenträger (19) eine Spule (23) zugeordnet ist, wobei die Spulen (23) eines Magnetmoduls gegensinnig gewickelt und miteinander mechanisch und elektrisch verbunden sind.
7. Aktuator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Gehäusemantels (11) ein Magnetmodul angeordnet ist.
8. Aktuator nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Gehäusemantels (11) mehrere Magnetmodule axial hintereinander angeordnet sind, wobei sich axial gleiche Pole des Permanentmagneten (16) jedes Magnetmoduls gegenüberliegen.
9. Aktuator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die außenliegenden Polscheiben (17) eines jeden Magnetmoduls zu einer einstückigen Verbindungspolscheibe zusammengefügt sind.
10. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass an den durch die außenliegenden Polscheiben (17) des Magnetmoduls oder der Magnetmodule gebildeten Enden des Magnetzylinderrohres (15) jeweils ein in seiner Stärke auf den Ausgleich des an den Enden des Magnetzylinders (15) auftretenden magnetischen Streuflusses abgestimmter Randmagnet (26) angeordnet und mit dem aus magnetisch leitendem Material bestehenden Gehäusemantel (11) verbunden ist.

11. Aktuator zur Betätigung eines Ventils, mit einem aus magnetisch leitendem Material bestehenden Gehäusemantel, einem einen Betätigungsansatz aufweisenden, in dem Gehäusemantel unter Ausbildung eines dazu bestehenden Luftspaltes beweglichen Spulenträger mit wenigstens einer auf dessen Umfang gewickelten, stromdurchflossenen Spule sowie mit einem von dem Spulenträger unter Ausbildung eines Luftspaltes umschlossenen Magnetzylinder mit einer in dessen Innerem axial angeordneten Abfolge von Permanentmagnet und aus einem magnetisch leitenden Material bestehender Polscheibe, wobei die axiale Breite der Spule größer ist als die axiale Erstreckung der der Spule zugeordneten Polscheibe, dadurch gekennzeichnet, daß an den durch die außenliegenden Polscheiben (17) eines aus einem mittig zwischen zwei außenliegenden Polscheiben (17) angeordneten Permanentmagneten (16) bestehenden Magnetmoduls oder mehrerer Magnetmodule gebildeten Enden des Magnetzylinders jeweils ein in seiner Stärke auf den Ausgleich des an den Enden des Magnetzylinders auftretenden magnetischen Streuflusses abgestimmter Randmagnet (26) angeordnet und mit dem aus magnetisch leitendem Material bestehenden Gehäusemantel (11) verbunden ist.
12. Aktuator nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem im Bereich des Stößels (22) einseitig offenen Gehäuse (10) der auf der geschlossenen Gehäusesseite liegende innere Randmagnet (26) des Magnetzylinderrohres (15) an der aus magnetisch leitendem Material bestehenden Stirnwand (12) des Gehäuses (10) anliegt.

13. Aktuator nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (10) an seiner offenen Stirnseite (13) radial einwärts springende und axial zwischen die Speichen (21) des Tragsterns (20) des Spulenträgers (19) greifende Klauenpole (28) aus magnetisch leitendem Material aufweist, die in einer magnetisch haftenden Verbindung mit dem zugeordneten Randmagneten (26) des Magnetzylinderrohres (15) stehen.
14. Aktuator nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehäusemantel (11) beidseitig offen mit an seinen beiden Enden ausgebildeten Klauenpolen (28) ausgebildet ist und der in dem Gehäusemantel (11) bewegliche Spulenträger (19) an beiden Stirnseiten jeweils einen Tragstern (20) mit davon abragendem Stößel (22) aufweist.
15. Aktuator nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Klauenpole (28) den zwischen den Speichen (21) des Tragsterns (20) bestehenden Lücken formentsprechend ausgebildet sind.
16. Aktuator nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Klauenpole (28) eine Verdrehsicherung für den Tragstern (20) mit Stößel (22) bilden.
17. Aktuator nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Klauenpol (28) einen gegen die zugeordnete Speiche (21) des Tragsterns (20) anliegenden Vorsprung aufweist.
18. Aktuator nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Speiche (21) des Tragsterns (20)

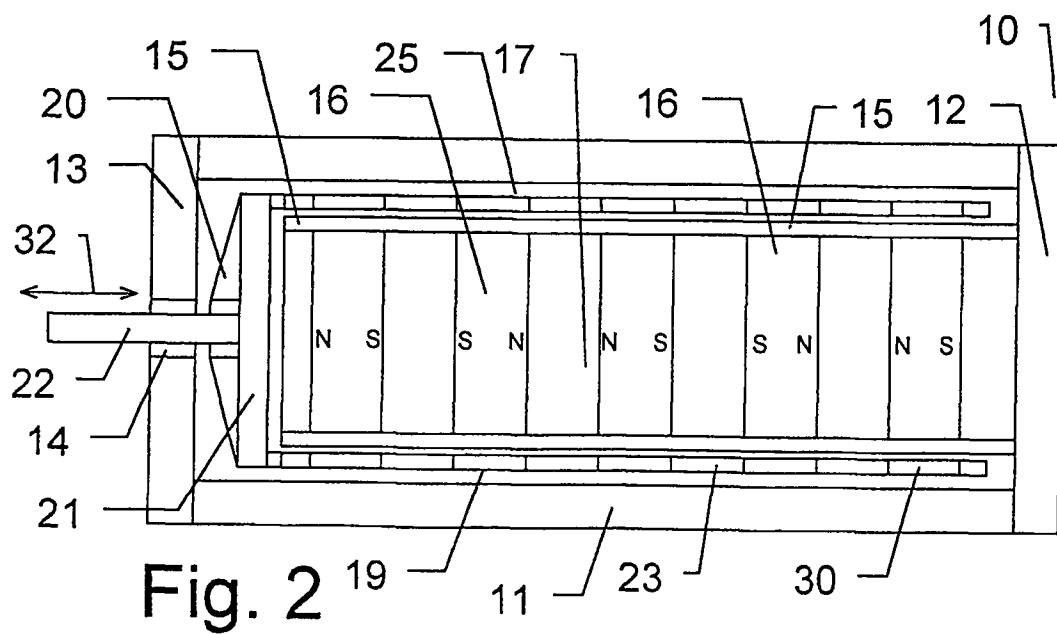
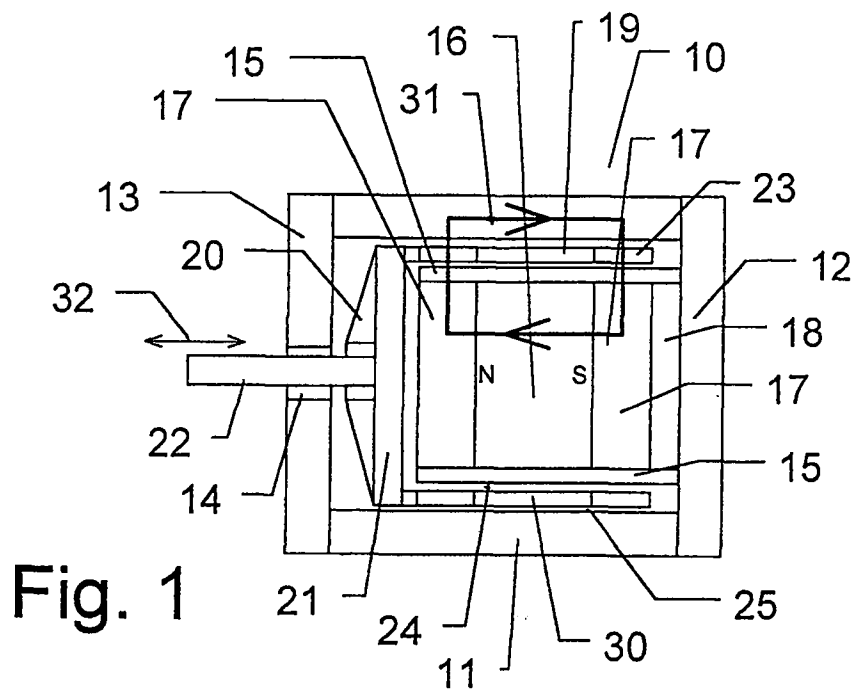
- 26 -

einen gegen den zugeordneten Klauenpol (28) anliegenden Vorsprung aufweist.

19. Aktuator nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass ein Klauenpol (28) und/oder das Magnetzylinderrohr (15) eine Halterung für den Sensor eines Wegmeßsystems ausbilden.
20. Aktuator nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein Magnetmodul von einer in dem Magnetzylinderrohr (15) mittig angeordneten Polscheibe (17) und von zwei jeweils außenseitig angeordneten Permanentmagneten (16) gebildet ist, wobei sich axial gleiche Pole der Permanentmagneten (16) gegenüberstehen und auf dem Spulenträger (19) eine der mittig angeordneten Polscheibe (17) zugeordnete Spule (23) gewickelt ist.
21. Aktuator nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen zwei außenliegenden Permanentmagneten (16) eine Abfolge von im Wechsel angeordneten Polscheiben (17) und Permanentmagneten (16) angeordnet ist.
22. Aktuator nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Tragstern (20) des Spulenträgers (19) und dem stirnseitigen Ende des Magnetzylinderrohres (15) eine vorgespannte Feder zur Beaufschlagung des Stößels (22) in dessen Koppelstellung mit dem an den Aktuator angeschlossenen Ventil angeordnet ist.
23. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Spulenträger (19)

Ausnehmungen (35) zur Aufnahme der Spulen (23) aufweist.

24. Aktuator nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die in den Ausnehmungen (35) des Spulenträgers (19) gewickelten Spulen (23) von einer Schutzschicht (36) überlagert sind, so dass der mit Spulen (23) versehene Spulenträger (19) eine glatte Umfangsfläche aufweist.
25. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Innenseite des Gehäusemantels (11) in dessen Längsrichtung verlaufende Nuten für den Durchtritt des bei der Axialbewegung des Spulenträgers (19) im Gehäusemantel (11) verdrängten Fluides angeordnet sind.

$\frac{1}{4}$ 

2/4

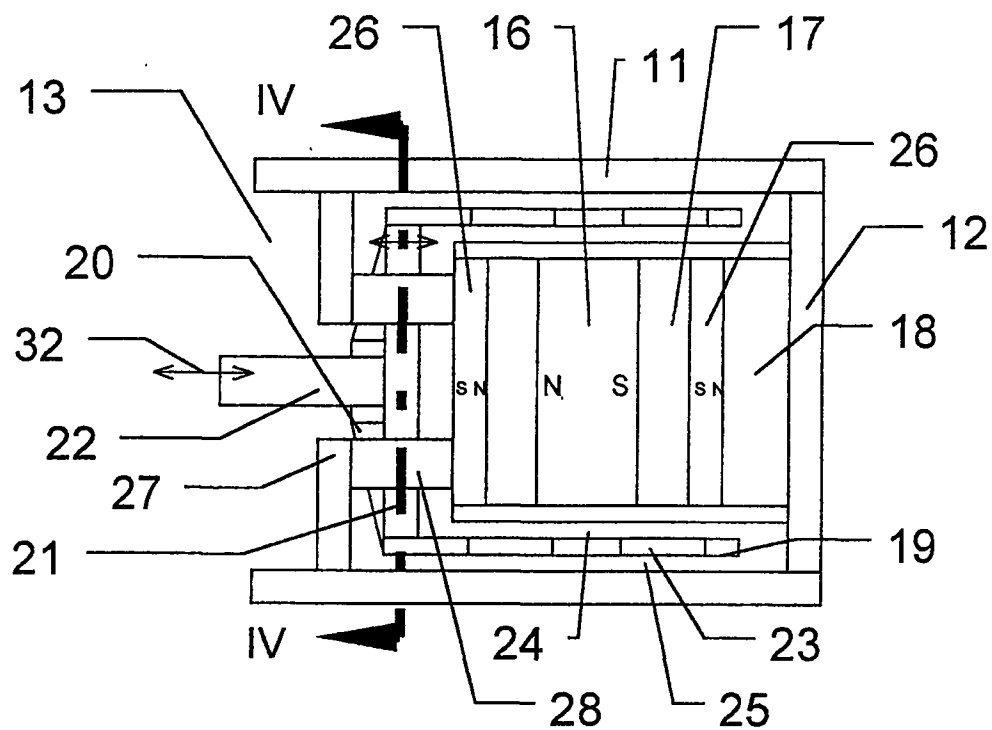


Fig. 3

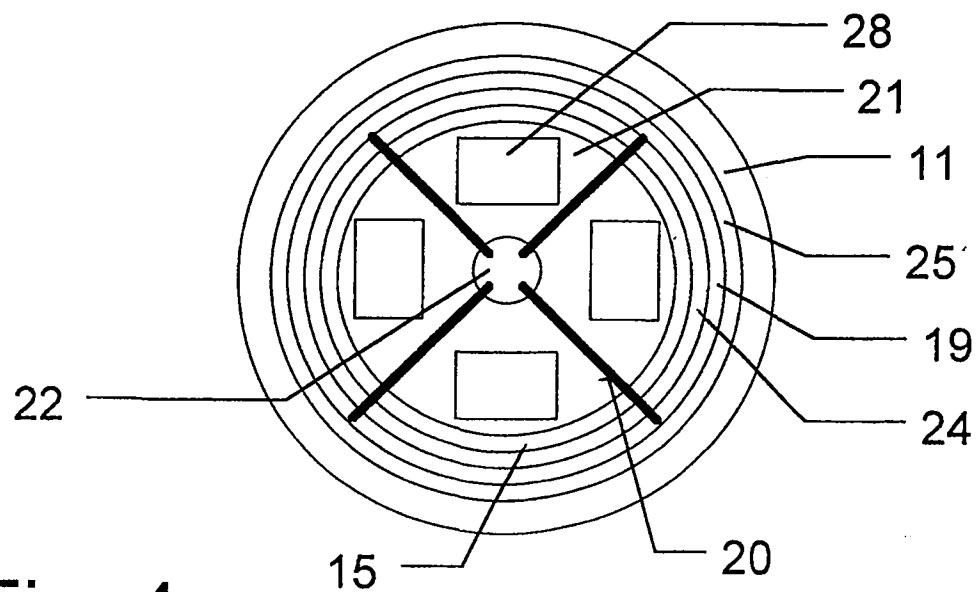


Fig. 4

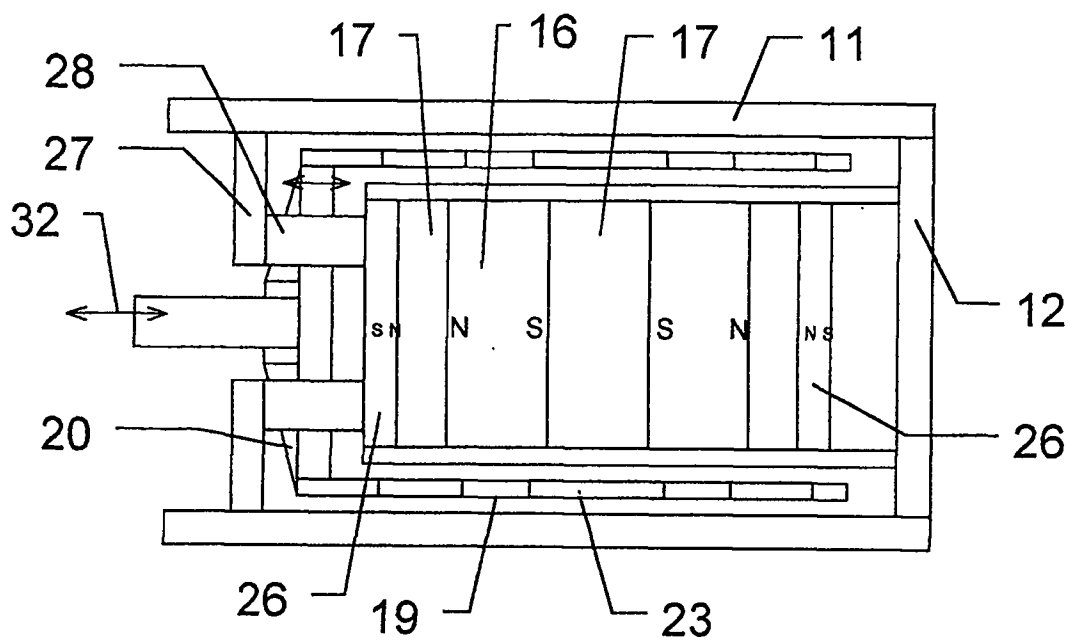


Fig. 5

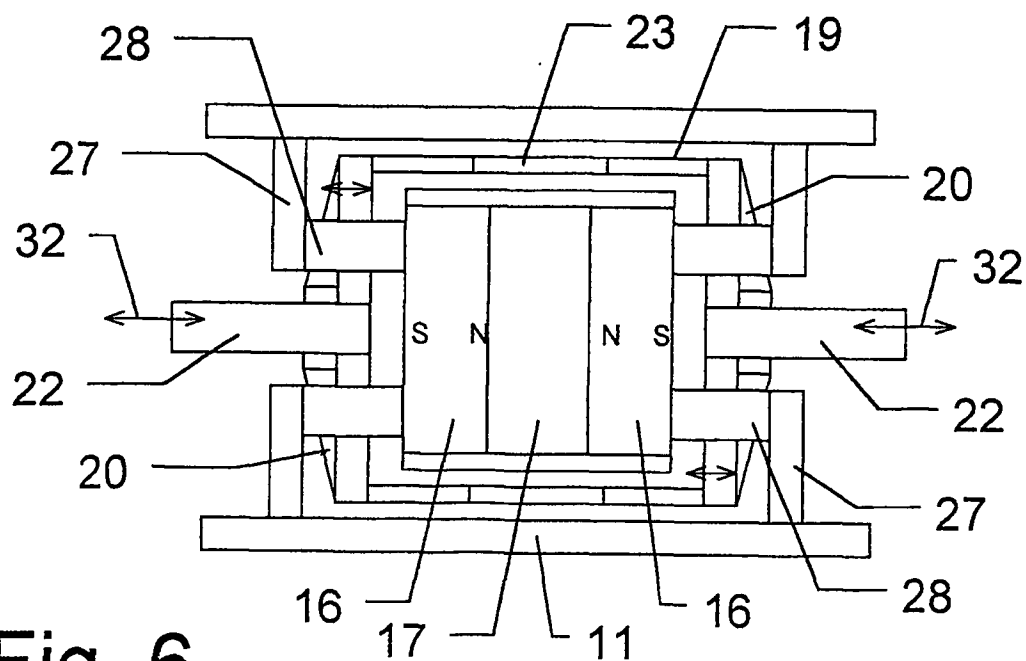


Fig. 6

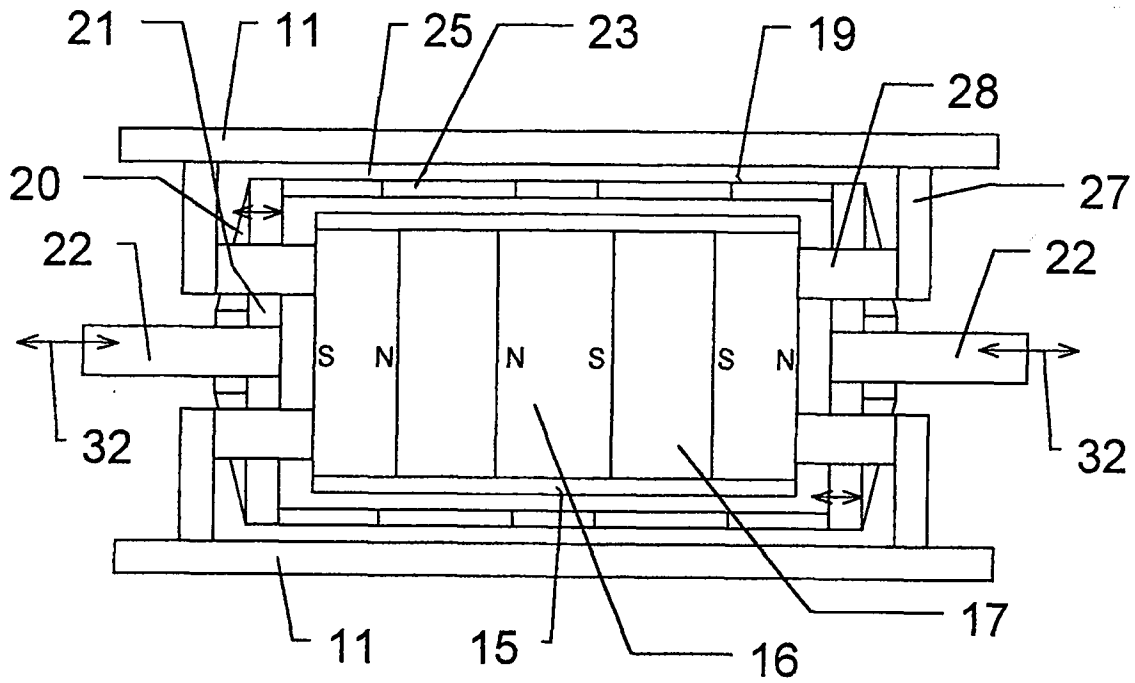


Fig. 7

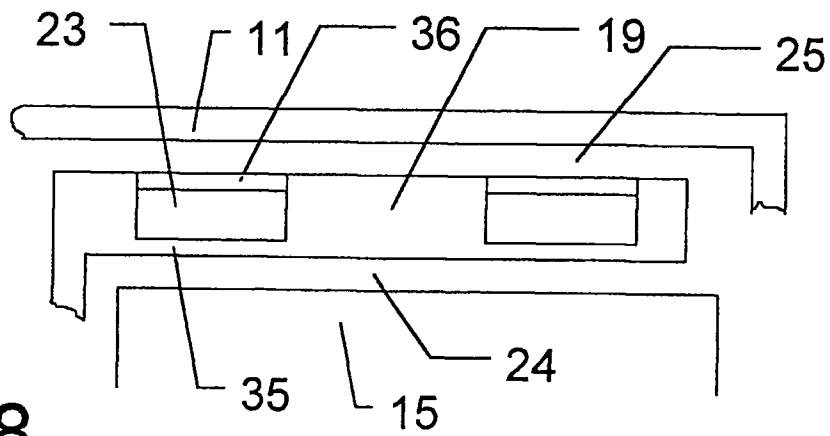


Fig. 8

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01F7/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 745 019 A (RENGER HERMAN LEE) 28 April 1998 (1998-04-28) column 3, line 8-26; figures 2,3,9 column 6, line 48 -column 7, line 10 ----	1,6-11
A	US 5 345 206 A (MORCOS ANTHONY C) 6 September 1994 (1994-09-06) cited in the application figure 6 ----	1,23
A	FR 2 311 394 A (RENAULT) 10 December 1976 (1976-12-10) page 9, line 20-36; figure 5 -----	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 March 2002

Date of mailing of the international search report

11/03/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Durville, G

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5745019	A	28-04-1998	NONE	
US 5345206	A	06-09-1994	NONE	
FR 2311394	A	10-12-1976	FR 2311394 A1	10-12-1976
			DE 2621272 A1	18-11-1976
			ES 447964 A1	01-11-1977
			GB 1548586 A	18-07-1979
			IT 1072333 B	10-04-1985
			US 4071042 A	31-01-1978

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01F7/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 745 019 A (RENGER HERMAN LEE) 28. April 1998 (1998-04-28) Spalte 3, Zeile 8-26; Abbildungen 2,3,9 Spalte 6, Zeile 48 -Spalte 7, Zeile 10 ---	1,6-11
A	US 5 345 206 A (MORCOS ANTHONY C) 6. September 1994 (1994-09-06) in der Anmeldung erwähnt Abbildung 6 ---	1,23
A	FR 2 311 394 A (RENAULT) 10. Dezember 1976 (1976-12-10) Seite 9, Zeile 20-36; Abbildung 5 -----	1-3

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. März 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/03/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Durville, G

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5745019	A	28-04-1998	KEINE		
US 5345206	A	06-09-1994	KEINE		
FR 2311394	A	10-12-1976	FR	2311394 A1	10-12-1976
			DE	2621272 A1	18-11-1976
			ES	447964 A1	01-11-1977
			GB	1548586 A	18-07-1979
			IT	1072333 B	10-04-1985
			US	4071042 A	31-01-1978